

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ОТЖИГА НА МИКРОСТРУКТУРУ СТАЛИ 12Х18Н10Т ПОСЛЕ ИПД КРУЧЕНИЕМ ПОД ВЫСОКИМ ДАВЛЕНИЕМ

Садикова Э.И.*

*Руководитель – м.н.с., к. т.н. Закирова А.А.***

**Уфимский государственный авиационный технический университет*

*** Институт проблем сверхпластичности металлов*

Российской академии наук

karabaka02@mail.ru

Введение. Создание ультрамелкозернистой (УМЗ, $D_3 < 10$ мкм) структуры оказалось одним из эффективных путей решения проблемы повышения прочности множества металлов и сплавов [1]. Для традиционно термонеупрочняемых хромо-никелевых коррозионностойких сталей, более широкое применение которых ограничено их недостаточной прочностью, такой способ упрочнения представляется наиболее перспективным. Ранее было изучено формирование субмикроскристаллических структур нержавеющей аустенитных сталей, полученных методами всестороннейковки, равноканальным угловым прессованием и криогенной деформации [2, 3].

Наиболее эффективным способом создания УМЗ структуры в объемных заготовках для разных металлов и сплавов зарекомендовала себя интенсивная пластическая деформация (ИПД) [1]. Кручение под высоким давлением – один из методов ИПД, позволяющий получать предельные состояния в сплавах благодаря достижению огромных степеней деформации. УМЗ структуры, формирующиеся при ИПД, обладают значительной дефектностью и при нагреве могут переходить в крупнокристаллическое состояние. При этом теряются свойства, обусловленные малым размером зерен. Поэтому важно принимать во внимание температурные границы сохранения уникальных свойств, характерных для неравновесных УМЗ и наносостояний.

Целью настоящей работы явилось исследование влияния температуры отжига на микроструктуру коррозионностойкой стали, сформированную ИПД кручением (ИПДК) под высоким давлением.

Материал и методика. Сталь 12Х18Н10Т стандартного химического состава в исходном состоянии имела крупнозернистую (КЗ) структуру ($d \sim 50$ мкм). Для предварительного измельчения зерен до $d \sim 10$ мкм прутки были дополнительно прокатаны при температуре 900 °С со степенью обжатия $\varepsilon = 60$ %. Исходные заготовки перед ИПДК – диски диаметром 20 мм и толщиной 2 мм [4]. Режимы деформирования:

температура деформации $T_{кр} = 20^{\circ}\text{C}$, давление $P = 6 \text{ ГПа}$, количество оборотов: $n = 5$.

Отжиги образцов после ИПДК проводили в интервале температур $500...700^{\circ}\text{C}$ с выдержкой 1 час. Микроструктуру деформированных и отожженных образцов изучали в зоне середины их радиуса в просвечивающем электронном микроскопе (ПЭМ) JEM-2000EX при ускоряющем напряжении 120 кВ. Диаметр селективной диафрагмы при съемке картин микродифракции составлял 0,7 мкм. Размеры областей когерентного рассеяния (ОКР) определяли методом рентгеноструктурного анализа (РСА) на дифрактометра ДРОН – 4-07 на кобальтовом (Co) излучении.

Результаты исследования и их обсуждение. Микроструктура стали после ИПДК (рис. 1,а) смешанная, преимущественно фрагментированная. В отдельно взятых структурных элементах (СЭ) плотность дислокаций высокая, особенно в приграничных областях структурных составляющих, из-за чего границы СЭ широкие и размытые. Точечные рефлексы, расположенные по окружности на электронограмме, указывают на сильно измельченную структуру с множеством разориентированных относительно друг друга кристаллитов. Построенные для количественной оценки гистограммы (рис. 1,б) показали средний размер СЭ $85,3 \pm 1,0 \text{ нм}$, и нормальное распределение СЭ по размерам.

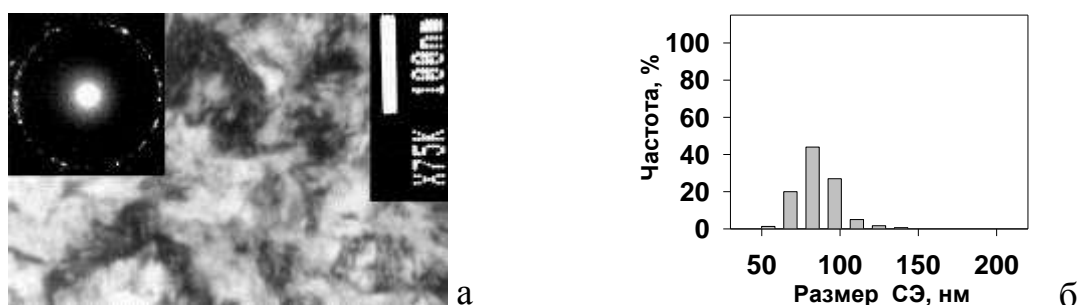


Рисунок 1. Микроструктура стали 12X18H10T после ИПДК при $\epsilon \approx 5,06$:
а – микроструктура; б – гистограмма

При отжиге 500°C (рис. 2,а) произошли процессы возврата, плотность дислокаций внутри СЭ значительно уменьшилась. Границы СЭ становятся прямее и тоньше. Средний размер СЭ составляет: $181,49 \pm 4,09 \text{ нм}$. Концентрические окружности с точечными рефлексами на электронограмме косвенно свидетельствуют о преобразовании малоугловых разориентировок в высокоугловые и снижении внутренних напряжений кристаллической решетки.

После отжига при 600 °С (рис. 2,б) исследованной ИПДК-стали средний размер СЭ составил $613,87 \pm 17,39$ нм. Происходит более интенсивное, чем при $T_{\text{отж}} = 500$ °С совершенствование границ и формы СЭ, появляются рекристаллизованные зерна, содержащие двойники, вероятно двойники отжига. Множество СЭ приобрели краевой полосчатый контраст, а электронограммы с таких областей представлены концентрическими окружностями с точечными рефlekсами, что свидетельствует о наличии высокоугловых разориентировок между СЭ.

Выдержка при температуре 700 °С привела к интенсивному прохождению собирательной рекристаллизации (СР) (рис. 2,в), произошел резкий рост размеров зерен, О незаконченности процессов СР свидетельствует разброс СЭ по размерам, средний размер СЭ достигает $1463,24 \pm 43,89$ нм. Вид тройных стыков границ зерен указывает на более равновесную структуру. Электронограммы с таких участков соответствуют крупнозернистой структуре.

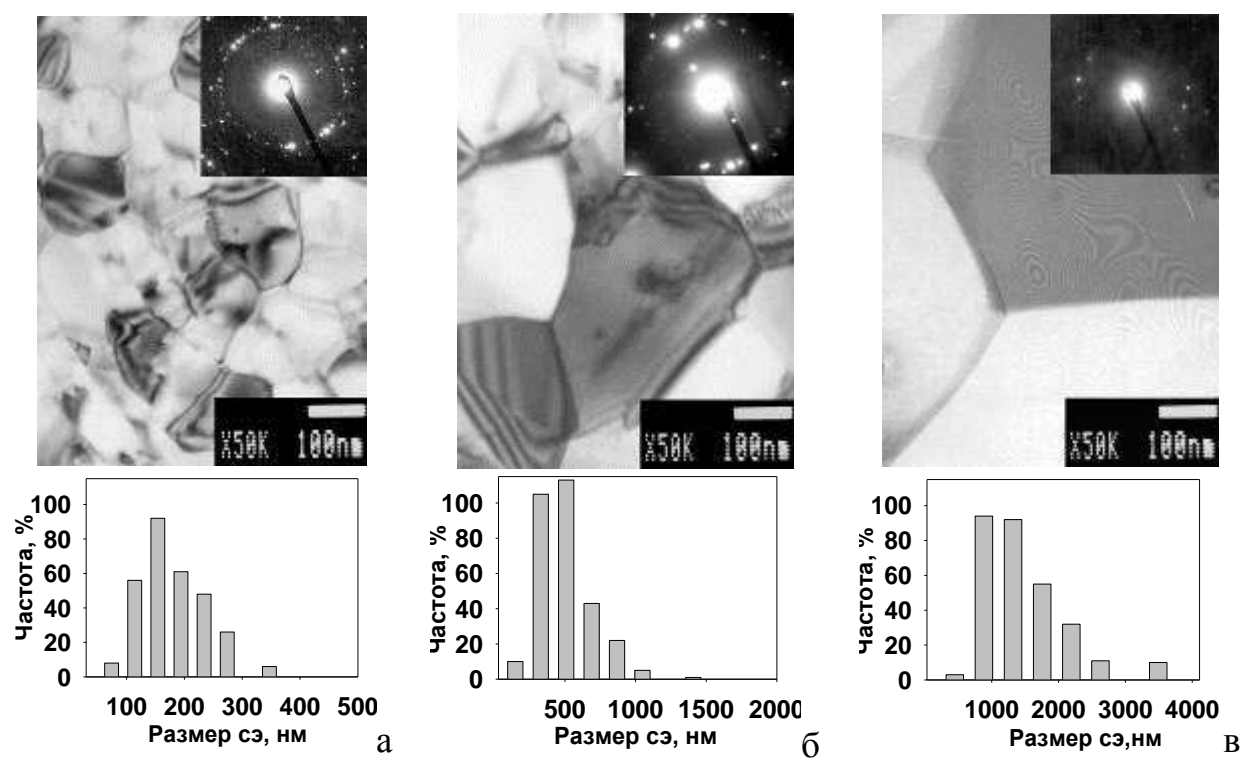


Рисунок 2. Микроструктура стали 12X18H10T после отжига:

а – $T_{\text{отж}} = 500$ °C; б – $T_{\text{отж}} = 600$ °C; в – $T_{\text{отж}} = 700$ °C

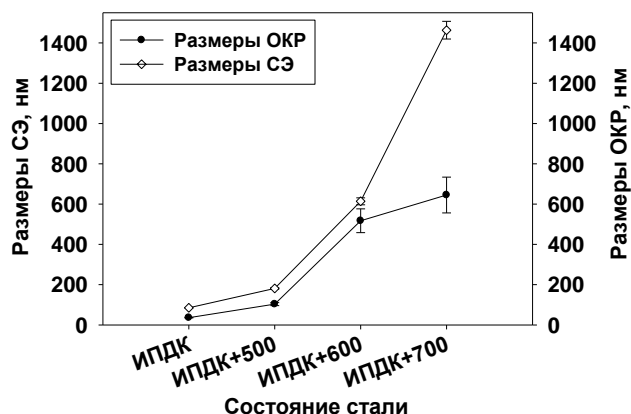


Рисунок 3. ОКР и размер СЭ стали 12Х18Н10Т в различных состояниях

Анализ ОКР методом РСА коррелирует с микроструктурными ПЭМ исследованиями. Отжиг при $T_{отж} = 500$ °С привел к незначительному росту размеров ОКР, а при $T_{отж}$ выше 600 °С наблюдается резкое их увеличение.

Таким образом, УМЗ структура стали 12Х18Н10Т, сформированная при ИПДК стабильна до температуры 500 °С. Нагрев выше этой температуры приводит к резкому росту размеров ОКР и СЭ.

Используемые литературные источники:

1. Валиев Р.З., Эстрин Ю., Хорита З., Лэнгдон Т. Г., Зехетбауэр М. Й., Жу Ю. Т. Получение объемных ультрамелкозернистых материалов методом интенсивной пластической деформации, Нанотехника, 2006, №4, с. 57-65.
2. Салищев, Г. А., Зарипова Р. Г., Закирова А. А. Структура и механические свойства нержавеющей сталей, подвергнутых интенсивной пластической деформации, Металловедение и термическая обработка металлов, 2006, №2 (608), с. 27-32.
3. Закирова А.А., Зарипова Р.Г. Влияние интенсивной пластической деформации методом РКУП на структуру и свойства коррозионностойкой стали 12Х18Н10Т // Перспективные материалы. Спецвыпуск (7), июнь, 2009, 113-118 стр.
4. Садикова Э.И., Закирова А.А. Влияние температуры интенсивной пластической деформации на эволюцию структуры коррозионностойкой стали. Сборник трудов X Международной научно-технической конференции «Уральская школа-семинар металлосведомо-молодых ученых» г. Екатеринбург, 7-11 декабря 2009, с.115-117.